

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

第2653391号

(45)発行日 平成9年(1997)9月17日

(24)登録日 平成9年(1997)5月23日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 F 1/66

G 0 1 F 1/66

A

請求項の数12(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平3-112828

(22)出願日 平成3年(1991)5月17日

(65)公開番号 特開平4-231820

(43)公開日 平成4年(1992)8月20日

(31)優先権主張番号 9 0 1 0 9 5 4 2 . 3

(32)優先日 1990年5月19日

(33)優先権主張国 ドイツ (DE)

(31)優先権主張番号 9 0 8 1 0 9 5 3 . 1

(32)優先日 1990年12月6日

(33)優先権主張国 ドイツ (DE)

(73)特許権者 391015052

エンドレス ウント ハウザー フロー  
テック アクチエングゼルシャフト  
ENDRESS + HAUSER F  
LOWTEC AKTIENGESSEL  
LSCHAFT

スイス国 ライナツハ パーゼル ラン  
ト 1 ケーゲンシュトラーセ 7

(72)発明者 ミヒャエル ラング

ドイツ連邦共和国 ヴァイルーハルティ  
ンゲン エトリンガー ヴェーク 13

(72)発明者 ミヒャエル シュタイナッハー

スイス国 パーゼル ゴットヘルフシュ  
トラーセ 92

(74)代理人 弁理士 矢野 敏雄 (外2名)

審査官 治田 義孝

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 流量測定装置用超音波送受変換素子

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 測定すべき液体を導くパイプライン内に挿入配置することができかつ自由な流れ横断面および連続した管壁を有する真つすぐな測定管(1)から成る、流量測定装置用超音波送受変換素子であって、前記管壁の周面において流れ方向において連続的に相互に間隔をおいて、形状連結的に次のものが固定されている：

少なくとも1つの吸収体ディスク(111)から成る流入側の第1の共振吸収体(11)、

一方の側面に少なくとも1つの半径方向共振周波数を励振する第1の超音波変換器(31)が固定されている第1の変換器ディスク(21)、

一方の側面に少なくとも1つの半径方向共振周波数を励振する第2の超音波変換器(32)が固定されている第2の変換器ディスク(22)、

少なくとも1つの吸収体ディスク(121)から成る流出側の第2の共振吸収体(12)が固定されており、前記吸収体ディスク(111, 121)は、それらのそれぞれの半径方向共振周波数が超音波励振周波数に等しいように形成されていることを特徴とする流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項2】 金属測定管と金属変換器ディスクおよび吸収体ディスクとを備えている請求項1記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項3】 測定管、変換器ディスクおよび/または吸収体ディスクに対してそれぞれ異なった金属を用いる請求項2記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項4】 出来るだけ低い熱弾性係数を有する同じ金属から成る変換器ディスクおよび吸収体ディスクと、耐食性の測定管とを備えている流量測定装置用超音波送

受変換素子。

【請求項5】 機械共振Qが吸収体ディスクの共振Qに比較して大きい変換器ディスクを備えている請求項3記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項6】 測定管(1)の壁は変換器ディスク(21, 22)間の長さの一部において肉厚にされている請求項1記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項7】 肉厚にされた壁(2)に少なくとも1つの環状溝(3)を備えている請求項6記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項8】 減衰材料(4)が充填されている環状溝(3)および/または前記減衰材料によって被覆されている、肉厚にされた壁(2)の周面を備えている請求項7記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項9】 中間の空間に減衰材料(4)が充填されている、少なくとも2つの吸収体ディスク(111, 112, 113)を備えている請求項1記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項10】 吸収体ディスクの周面が減衰材料(4)によって被覆されている請求項9記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項11】 それぞれの変換器ディスク(21, 22)と隣接する吸収体ディスク(11, 12)との間にそれぞれ1つの減結合ディスク(71, 72)を備えており、その際前記減結合ディスクの寸法および/または機械的な特性は前記吸収体ディスクの寸法および/または機械的な特性とは異なっている請求項1記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【請求項12】 変換器ディスク(21, 22)の一方に超音波センサ(81)を備えており、該超音波センサは実際値発生器として、前記変換器ディスク(21, 22)の共振周波数に制御されて超音波変換器(31, 32)に対する励振信号を発生するための電子位相制御ループ(9)に挿入接続されている請求項1から11までのいずれか1項記載の流量測定装置用超音波送受変換素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の概要】本発明は、請求項1に記載のように、測定すべき液体を導くパイプライン内に挿入配置することができかつ自由な流れ横断面および連続した管壁を有する真つすぐな測定管から成る、流量測定装置用超音波送受変換素子であって、前記管壁の周面に、流れの方向において連続して相互に間隔をおいて、形状連結的に次のものが固定されており：少なくとも1つの吸収体ディスクから成る流入側の、第1の共振吸収体と、一方の側面において少なくとも1つの、半径方向共振周波数を励振する第1の超音波変換器が固定されている第1の変換器ディスクと、一方の側面において少なくとも1つの半径方向共振周波数を励振する第2の超音波変換器が固定さ

れている第2の変換器ディスクと、少なくとも1つの吸収体ディスクから成る流出側の、第2の共振吸収体とが固定されており、前記吸収体ディスクは、それらそれぞれの半径方向共振周波数が前記超音波変換器の励振周波数に等しいように設計されている、流量測定装置用超音波送受変換素子から成る。

【0002】本発明によれば、超音波流量測定原理に付随する欠点を以下に説明する特性および利点によって克服することが可能になる。この種の超音波送受変換素子は、測定管の極めて小さい公称直径に対しても設計することができ、その結果小さな流量も、極めて小さな流量も測定可能である。

【0003】本発明の超音波送受変換素子は更に、どんな種類の液体にも適しており、しかも液体中にどんな種類の流れの形式が形成されるかに無関係である。層流も乱流も測定することができる。しかも層流から乱流への境界における流れも、または著しく変化するレイノルズ数を有するような流れも、そのまま測定可能である。

【0004】また、変換素子の材料を、測定すべき液体にその侵食性を考慮して整合することができる。また、この種の変換素子はそのまま食料品に有用である。このことはまた、測定管をその不断の内壁に基づいて容易に清掃することができかつそこに材料が堆積しないようにすることでも一層好適化される。金属またはセラミック測定管では高圧の液体も測定することができる。

【0005】超音波変換器は変換器ディスクの少なくとも1つの側面に固定されているので、それは変換素子の解体なしにパイプラインから交換可能であり、すなわち例えば、流量測定を含むシーケンスを中断する必要がない。

【0006】電子測定回路および作動回路として、殊に、本出願人の国際公開第WO-90/00723号公報に記載されているようなものが適している。まず図10に基づいて本発明の超音波送受変換素子において使用される超音波流量測定原理について簡単に説明する。図10に示す流量測定装置は測定管110を有し、この測定管を通して、流れ速度 $V_M$ で矢印の方向に媒体が流れる。媒体の容積流量の検出のためには流れ速度 $V_M$ の測定をするだけで十分である。それというのは容積流量は流速 $V_M$ と測定管の既知の横断面との積に等しいからである。流速 $V_M$ の測定のため測定管110にて2つの超音波変換器112と114が、精確に既知の相互間隔をおいて取り付けられている。各超音波変換器は選択的に送信変換器又は受信変換器として作動され得る。方向切換スイッチ116により、図示の位置1にて、超音波変換器112は送信周波発生器118と接続され、同時に、超音波変換器114は受信信号—処理回路120の入力側と接続される。他方の位置2では方向切換スイッチ116により、超音波変換器114は送信周波発生器118の出力側と接続され、超音波変換器112は受信

5

信号一処理回路 1 2 0 の入力側と接続される。送信周波発生器 1 1 8 は出力側から周波数  $f_M$  の送信交流電圧  $U_s$  を送出し、この出力電圧は方向切換スイッチ 1 1 6 の図示の位置において超音波変換器 1 1 2 に加えられる。このとき超音波変換器 1 1 2 は送信変換器として動作する。この送信変換器の構成によれば電氣的送信交流電圧  $U_s$  による励振に基づき同じ周波数  $f_M$  の超音波を生じるのであり、この超音波は測定管内を流れる媒体内にて測定管 1 1 0 の軸線方向に伝播する。この超音波は順流方向で超音波変換器 1 1 4 に達する。その際その変換器 1 1 4 は図示の、方向切換スイッチ 1 0 1 の位置 1 にて受信信号処理回路 1 2 0 の入力側と接続されている。従って超音波変換器 1 1 4 は受信変換器として動作する。この受信変換器 1 1 4 は到来超音波を受信交流電圧  $U_H$  に変換し、この交流電圧は受信信号処理回路 1 2 0 の入力側に供給される。方向切換スイッチ 1 1 6 が他方の位置 2 に切換えられ、超音波変換器 1 1 4 は送信周波発生器 1 1 8 から送信交流電圧  $U_s$  を受信し、その結果上記超音波変換器 1 1 4 は送信変換器として動作し、超音波を発生する。この発生された超音波は測定管 1 1 0 内を流れる媒体中を、測定管 1 1 0 の軸線方向に伝播する。この超音波は流動方法と逆方向に変換器 1 1 2 に達する。その際その変換器 1 1 2 は今や受信信号処理回路 1 2 0 の入力側と接続されていて、受信変換器として動作する。この受信変換器は到来超音波を受信交流電圧  $U_F$  に変換し、この交流電圧は受信信号処理回路 1 2 0 の入力側に供給される。送信周波数発生器 1 8' には送信信号処理回路 2 2' が接続されている。両方の信号処理回路 1 2 0, 1 2 2 の出力側は位相検出器 1 2 4 に接続されている。位相検出器 2 4' の出力はゲート回路 1 2 6 の制御入力側に接続されており、一方でゲート回路 1 2 6 はカウント周波発生器 1 2 8 に接続されている。ゲート回路の出力側はカウンタ 1 3 0 に接続されており、カウンタは評価回路 1 3 2 に接続されている。従って、評価回路 1 3 2 はカウンタ 1 3 0 から連続的にカウンタ状態、即ち、位相検出器 1 2 4 から送出される測定パルス  $I_M$  の持続時間を表わすカウンタ状態を受取る。方向切換スイッチ 1 1 6 が位置 1 にある場合、カウンタ 1 3 0 から送出されるカウンタ状態は残留位相角  $\phi_{R1}$  に対する測定値となる。方向切換スイッチ 1 1 6 が他方の位置にもたらされた場合にはカウンタ 1 3 0 から送出されるカウンタ状態は残留位相角  $\phi_{R2}$  に対する測定値となる。それらの 2 つの測定値から評価回路 1 3 2 は、流れ速度  $V_M$  を、媒体中の音波速度  $c$  と無関係に計算できる。

【0 0 0 7】超音波送受変換素子の本発明の構成によって、変換器ディスク間の距離を、作動中発生する走行時間差を接続された測定および作動回路によって処理することができるように、調整することもできる。

【0 0 0 8】超音波変換器は、適当な圧電材料、例えば

6

圧電セラミックから成るような超音波変換器である。送波用変換器は、適当な周波数の交流電圧の印加によって機械的な共振状態に移行し、このことは、電氣的な周波数が機械共振振動の 1 つと一致し、その結果この（音響）周波数の超音波信号が、変換器が自由振動するとき、そこから送出されるとき、最適に実現される。

【0 0 0 9】本発明においてそれぞれの超音波変換器はその所属の変換器ディスクに固定されているので、超音波変換器はこの変換器ディスクを相応に励振する。このことはここでも、変換器ディスクの機械共振振動の 1 つが励振されるとき、すなわちこの共振振動が変換器の音響周波数と一致するとき、最適に行われる。本発明では、それぞれの変換器ディスクの機械共振周波数はその半径方向の共振周波数の 1 つ、例えばモード零の共振周波数である。すなわち変換器ディスクは半径方向において振動するので、変換器ディスクが測定管に固定されている個所で、この振動は管壁におよびそこから液体に伝達される（図 4 参照）。

【0 0 1 0】受波用超音波変換器は、変換器ディスクからそこに作用する機械的な振動によってそれと同じ周波数の交流電圧を送出するように励振される。変換器ディスクの、その半径方向周波数を有する機械振動は更に、測定管壁を介して液体中を走行する超音波によって影響を受ける。

【0 0 1 1】超音波送受変換素子は本発明の実施例において完全に金属から、例えば所望の使用目的に適しているステンレス鋼合金から形成することができる。しかし別の実施例によれば、測定管に対して、変換器ディスクおよび／または吸収体ディスクに対して異なった金属を使用することもできる。このことは、別の実施例において一方において変換器ディスクおよび吸収体ディスクが出来るだけ低い熱弾性係数を有する同じ金属から成りかつ測定管が耐食性であるか、または他方において変換器ディスクの機械共振の  $Q$  が吸収体ディスクの共振の  $Q$  に比べて大きいようにすれば、殊に有利である。

【0 0 1 2】本発明の実施例によれば、測定管は変換器ディスクの間のその長さの一部において肉厚にされた壁を備えている。これにより、管壁中において、変換器ディスクの一方から出発して伝搬する、測定精度に不都合に作用する音波信号が、それが他方の変換器ディスクには達しない程度に減衰される。

【0 0 1 3】別の実施例において肉厚にされた壁に少なくとも 1 つの環状溝を備えることもでき、この環状溝には有利には、場合によっては壁の周面を被覆する減衰材料が充填されている。これによりこれら 2 つの手段のそれぞれによって、機械的な縦波フィルタが実現される。

【0 0 1 4】殊に共振吸収体が 1 つ以上の吸収体ディスクを有しているとき、それぞれの共振吸収体が、これら吸収体ディスク間の中間空間を充填する減衰材料を備えるようにすることもできる。この場合周面も被覆するこ

とができる。

【0015】本発明の別の実施例によれば、変換素子は、変換器ディスクそれぞれと隣接する吸収体ディスクとの間にそれぞれ減結合ディスクを備えるようにすることができ、その際これら減結合ディスクの寸法および／または機械的な特性は吸収体ディスクの寸法および／または機械的な特性とは異なっている。

【0016】本発明の別の実施例において、変換素子は変換器ディスクにそれぞれ1つの超音波センサを有しており、超音波センサは実際値発生器として、変換器ディスクの共振周波数に制御されて超音波変換器に対する励振信号を発生するための電子位相制御ループに挿入配置されている。

【0017】

【実施例】次に本発明を図示の実施例につき図面を用いて詳細に説明する。その際図面には、超音波送受変換素子の構造の断面および超音波送受変換素子のいくつかの部分の構造並びに作動回路が示されている。

【0018】図1の断面図には、実施例として超音波送受変換素子が示されている。それは、適当な材料、有利には、例えばステンレス鋼のような金属から成っている。セラミック材料またはガラス材料も適している。材料選択は、例えば測定すべき液体の種類および特性のような、具体的な用途およびそのパラメータ、圧力領域、温度領域、周囲条件等に依存している。

【0019】図1において、左側に流入口5がありかつ右側に流出口6があり、その結果流れの方向は矢印に相応している測定管1は自由な流れ横断面およびその全長にわたって断続のない管壁を有している。その周面には、吸収体ディスク111から成る流入側の、第1の共振吸収体11が固定されている。この吸収体ディスクに、流れの方向においてある程度の間隔において第1の変換器ディスク21が続いており、この変換器ディスクの側方に第1の超音波変換器31が固定されている。

【0020】流出側において変換器ディスク21は第2の変換器ディスク22と対向している。この変換器ディスクには第2の超音波変換器32が側方に固定されている。これに流れの方向においてここでも間隔において、有利には吸収体ディスク111と変換器ディスク21との間と同じ間隔において、吸収体ディスク121から成る第2の共振吸収体12が続いている。

【0021】超音波変換器31、32は、変換器ディスクのお互いの方に向いた側の側面に取り付けることもできる。このことは殊に、構造スペースがギリギリである場合に有利である。更に、例えば対称性の理由から、複数の超音波変換器、例えば4つの超音波変換器を、図9から読み取ることができるように、1つの変換器ディスクに設けても有利である。

【0022】超音波送受変換素子はその流入側および流出側によって、例えばフランジ等の相応の連結部材によ

って、測定すべき液体が流れる図示されていないパイプライン中に挿入配設されている。

【0023】2つの共振吸収体11、12により、一方において音響エネルギーが接続されたパイプラインに達することが妨げられ、他方において、もしそうならしまった場合に、そこに生じる反射エネルギーがその“帰路”において吸収されかつ従って変換器ディスク21、22に達する可能性がない。

【0024】パイプラインから到来する可能性がある（障害）エネルギーに相応する、例えば雑音の形の周波数も、勿論吸収される。

【0025】吸収特性はまず、吸収体ディスクが超音波周波数において機械共振をし、それ故に励振された際に音響エネルギーを吸収することに基づいている。吸収体ディスクの機械共振のQに応じて、吸収体ディスクは超音波の音場から定常状態においてもエネルギーを取り出す。このエネルギー取り出しは、相応の材料選択によって制御することができる共振のQに依存している。

【0026】図2には、測定管1の壁中の2つの変換器21、22間において、一方の変換器ディスクから出発して、他方の変換器ディスクに達し、ひいては測定誤差を惹き起こす可能性がある縦波が伝搬されるのを妨げることができるようにした有利な手段が図示されている。すなわち測定誤差を回避するために測定管はその長さの一部に肉厚な壁2を備えている。その他、超音波送受変換素子の構造は図1に示されたものと同じである。

【0027】図3には、図2に示された実施例における有利な手段の使用が示されており、この手段によって図2の実施例の減衰特性の改善が計られる。このために、肉厚にされた壁2に形成された環状溝3が設けられている。有利には環状溝の底部はそれぞれ、その壁厚が流入領域および流出領域における測定管の壁厚に等しいような深さのところにある。

【0028】図3には更に、別の実施例において、環状溝3に減衰材料4、例えば合成樹脂を充填することができると示されている。ここではこの減衰材料は肉厚にされた壁2の周面も被覆しているが、このことは必ずしも必要でない。しかしこうすれば減衰特性は一層改善可能である。

【0029】図3の2つの実施例によって、相互に近接して位置する変換器ディスクにおいても、測定管壁における縦波が一方の超音波変換器から他方の超音波変換器に達することを妨げる機械的な縦波フィルタを実現することができる。

【0030】図4には、変換器ディスクがどのように半径方向に振動するかが示されている（破線参照）。超音波変換器31は相応に設計されたディスクである。

【0031】図5には、環状の超音波変換器31'を使用することもできることが示されている。

【0032】図6には、それぞれ同じ半径方向共振周波

数を有する3つの吸収体ディスク111, 112, 113を有する共振吸収体が示されている。

【0033】図7には、図6の3つの吸収体ディスク111, 112, 113間の中間空間に、場合に応じてその周面も被覆することができる減衰材料4'を充填することができることが示されている。これにより図3の装置の場合の減衰材料4と同じ作用効果が得られる。

【0034】図8には、本発明の別の実施例が略示されている。それぞれの変換器ディスク21, 22と隣接する吸収体ディスク11, 12との間に、減結合ディスク71, 72が挿入配設されている。これらは、変換器ディスクを吸収体ディスクに接続する管部材を介して生じる、障害作用する可能性がある、吸収体ディスクに対する音響エネルギーの過結合を抑圧するために用いられる。その際減結合ディスクの寸法および／または機械的な特性は、吸収体ディスクの寸法および／または機械的な特性とは異なっている。

【0035】図1から8までのいずれの実施例においても、吸収体ディスクおよび変換器ディスクは、例えばプレスばめを用いて、測定管1に固定される予め成型された部材とすることができる。その際この形式の構造では、既述のように、測定管およびディスクに対して異なった材料を使用することができる。しかし超音波送受変換素子を同一の材料から形成することができるとき、他方において、超音波送受変換素子を、例えば精密鋳込みまたは旋削等によって一体に製造することもできる。

【0036】最後に図9に示されているブロック回路図は、超音波変換器に対する励振信号をどのように、それぞれの送波用変換器が所属の変換器ディスクを常時その共振周波数によって励振するように発生することができるかを説明するものである。このことは位相制御ループ9を用いて行われる。変換器ディスク21は側面図にて示されており、その結果—ここでは4つの—並列接続された超音波変換器31, 33, 34, 35、並びに1つの超音波センサ81が略示されているのがわかる。

【0037】(高周波)正弦波状電圧の形の励振信号は、変換器31, 33, 34, 35ばかりでなく、電圧増幅器91の入力側にも供給されている。これに相應する方法で超音波センサ81は電圧増幅器91'の入力側に接続されているが、超音波センサには回路零点に接続されているコンデンサCが並列に接続されている。このコンデンサCによって、センサ81の十分大きな時定数が電圧増幅器91'の入力抵抗とともに実現される。2つの電圧増幅器91, 91'のそれぞれの出力側は、矩形波変換器92, 92'のそれぞれの入力側に導かれている。これらは例えば、入力側が過制御される増幅器として実現することができる。

【0038】2つの矩形波変換器92, 92'のそれぞれの出力側は、ローパスフィルタを有する位相コンパレータ93のそれぞれの入力側に接続されている。ローパ

スフィルタには、励振信号と超音波センサ81の信号との間の位相のずれに比例する電圧が現れる。この電圧は、90°の位相のずれに対する信号“90°”とともに、制御回路94に供給される。その制御回路の出力側には、共振周波数に関する情報を表す電圧が現れる。すなわちこの電圧は電圧制御発振器97に供給されている。この発振器の周波数fCは、分周器98を用いて前以て決められた一定の係数が乗算される前の励振信号の周波数に相應する。矩形波—正弦波変換器99の入力側は、分周器98の出力側に接続されている。位相コンパレータ93は簡単には排他的ORゲートによって実現される。

【0039】送波器または受波器として交互に作動する超音波変換器に対してそれぞれ1つの位相制御ループを設ける必要がないようにするために、位相制御ループ9において、制御された状態に達するとすぐに開放されるスイッチ95が設けられている。その際制御された状態に相應する電圧は、測定サイクル全体の期間(流れの方向および流れとは反対方向における測定)、保持メモリCHに記憶される。新たな測定サイクルの前に、正しい共振周波数に新たに制御することができる。

【0040】センサ81によって、所属の変換器ディスクおよびそれらの変換器の正しい機能も監視することができる。

【0041】

【発明の効果】本発明の流量測定装置用超音波送受変換素子は、極めて小さな流量でも測定可能であり、どんな種類の液体にも適しており、超音波変換器の交換が容易である等の利点を有している。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、超音波送受変換素子の、測定管の壁厚が同じである実施例の断面略図である。

【図2】超音波送受変換素子の、変換器ディスク間の壁が肉厚になっている実施例の断面略図である。

【図3】超音波送受変換素子の、肉厚にされた壁に設けられた環状溝に減衰材料が充填されている実施例の断面略図である。

【図4】ディスク形状の超音波変換器ディスクを備えた変換器ディスクの断面略図である。

【図5】環状の超音波変換器ディスクを備えた変換器ディスクの断面略図である。

【図6】3つの吸収体ディスクを備えた共振吸収体の断面略図である。

【図7】減衰材料が取り付けられている、図6の共振吸収体の断面略図である。

【図8】減結合ディスクを備えた超音波送受変換素子の断面略図である。

【図9】超音波変換器に対する励振信号を発生するための位相制御ループのブロック回路図である。

【図10】超音波流量測定の原理を説明するためのプロ

11

12

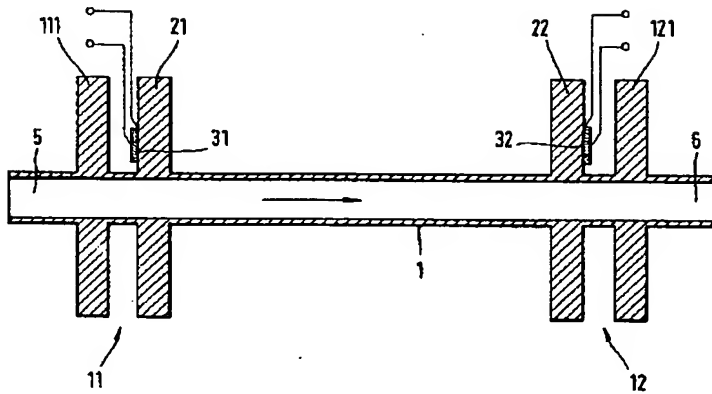
ック線図である。

## 【符号の説明】

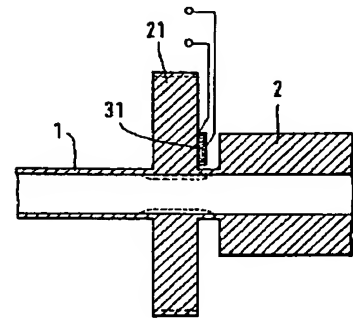
1 測定管、 2 肉厚にされた壁、 3 環状溝、  
4 減衰材料、 9 位相制御ループ、 11, 12, 1

11, 112, 113 吸収体ディスク、 21, 22  
変換器ディスク、 31, 32 超音波変換器、 7  
1, 72 減結合ディスク、 81 超音波センサ、

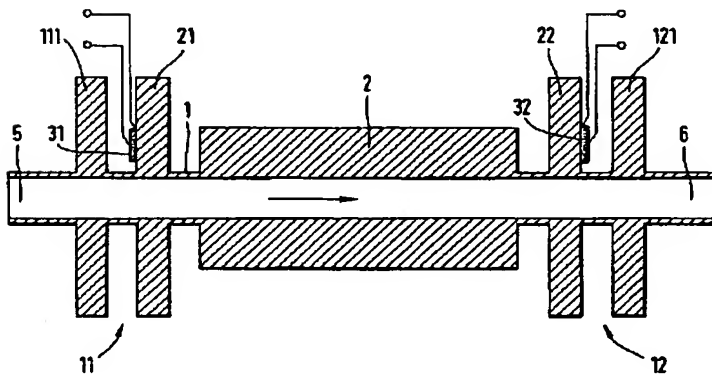
【図 1】



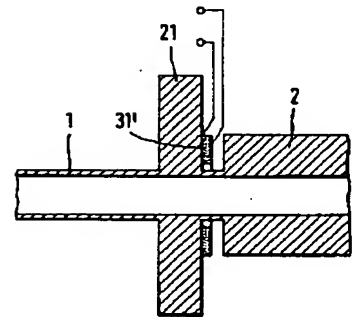
【図 4】



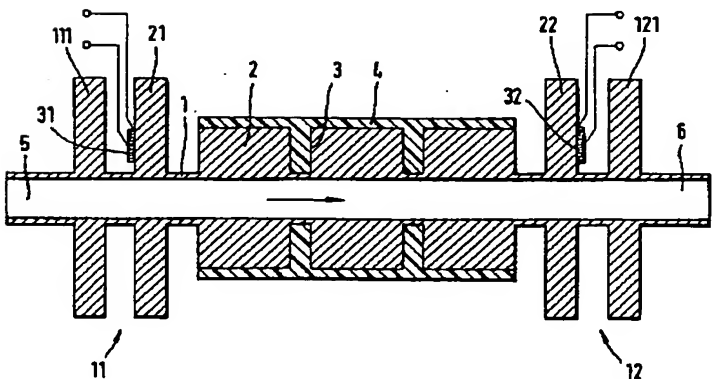
【図 2】



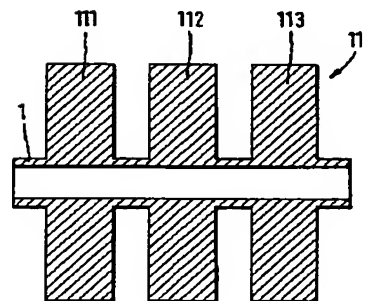
【図 5】



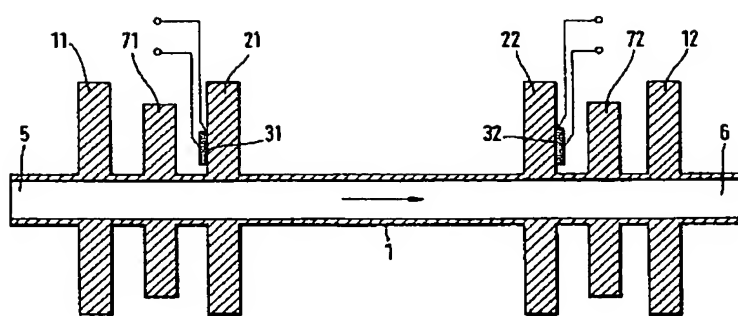
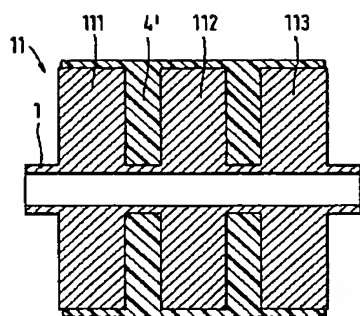
【図 3】



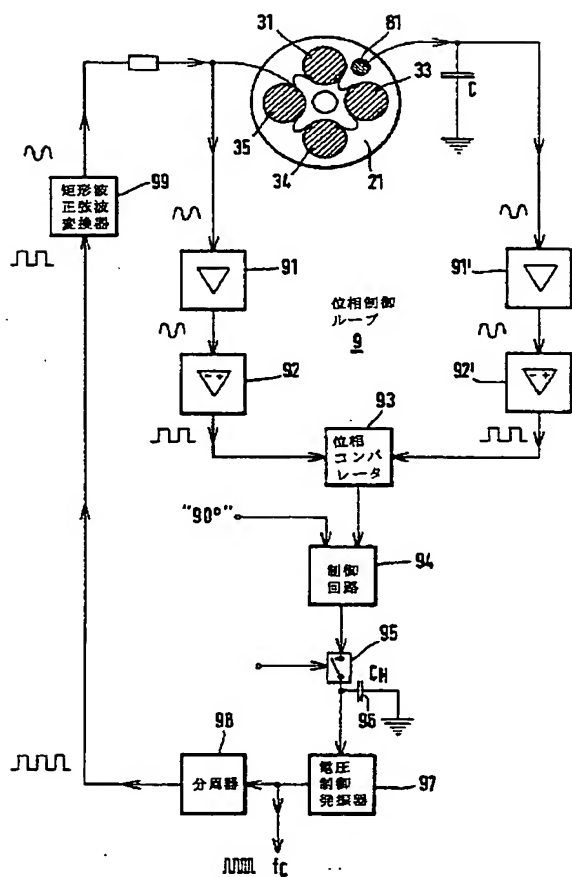
【図 6】



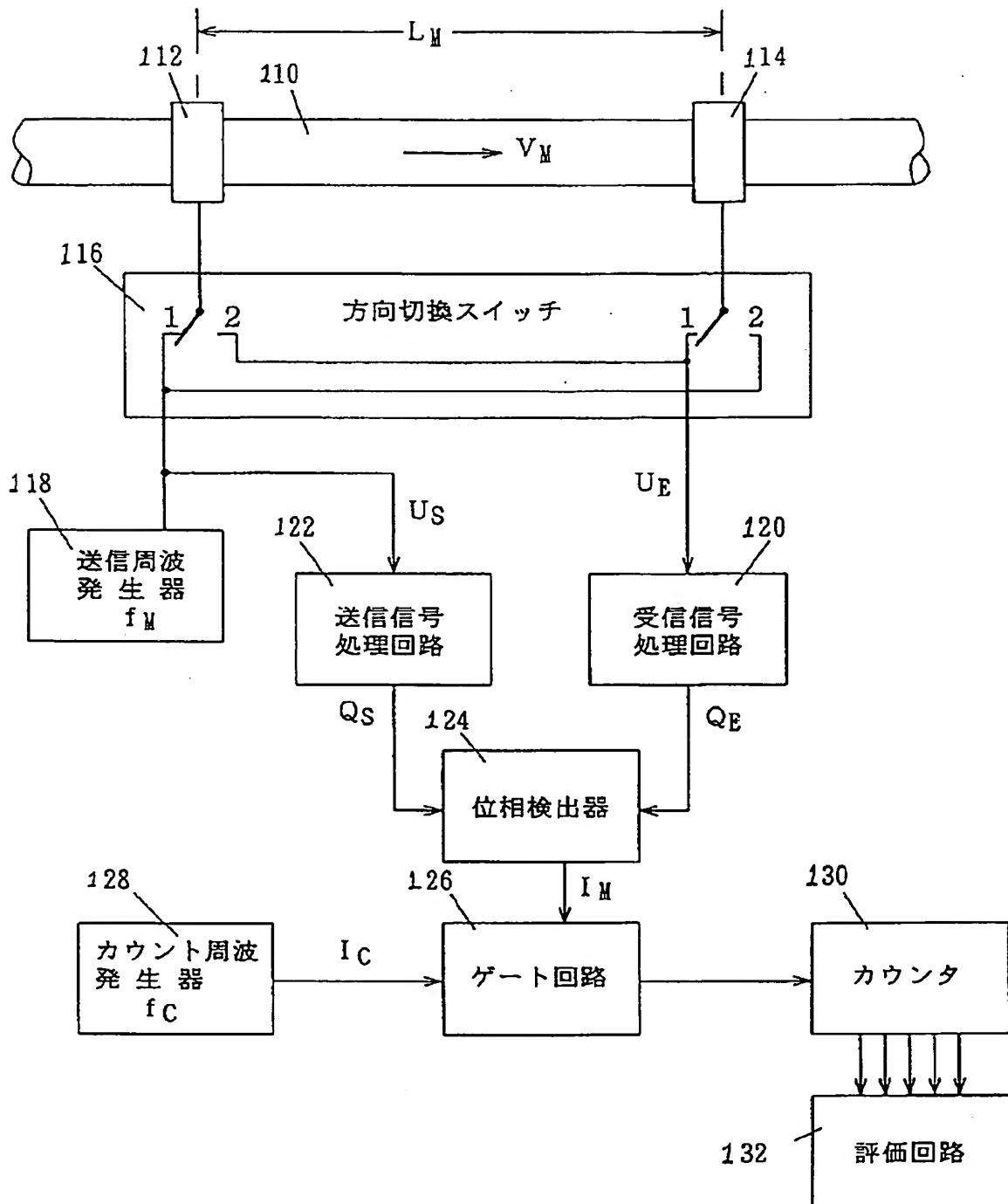
【图 8】



【圖 9】



【図 10】





フロントページの続き

(72)発明者    ウルス   ヴュスト  
              スイス国   ドルナッハ   エスオー   ウン  
              タードルフシュトラーセ   23